
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2010/2011

April/Mei 2011

EEM 312 – ROBOTIK DAN PENGLIHATAN MESIN

Masa : 3 Jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

1. (a) Terangkan dua teknik untuk segmentasi.
Explain the two techniques in segmentation. (20 markah/marks)

- (b) Diberikan satu imej dan satu templat seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.
Given an image and a template as shown in the Figure 1.

0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0

0	1	1
0	1	0
0	1	0

(a) Imej ,I
Image, I

(b) Templat T
Template, T

Rajah 1
Figure 1

Formula untuk mengira SAD dan NCC adalah seperti berikut:
The formula for SAD and NCC are given as follows:

$$SAD(I_j, T) = \sum_{i=1}^n [I_{i,j} - T]^2$$

$$NCC = \frac{\sum(I - \bar{I})(T - \bar{T})}{\sqrt{\sum(I - \bar{I})^2(T - \bar{T})^2}}$$

- (i) Kirakan SAD dan NCC untuk kawasan yang berlorek pada imej dengan menggunakan templat yang diberi di dalam Rajah 1(a) dan 1(b) masing-masing. Berasaskan nilai yang dikirakan, bincangkan bagaimana pengecaman boleh dilakukan menggunakan cara pemadanan templat untuk contoh di atas.

Calculate the SAD and NCC for the shaded region of the image using the template given in Figure 1(a) and 1(b) respectively. Based on value calculated on SAD and NCC, discuss how the recognition is carried out using template matching for the example above.

(60 markah/marks)

...3/-

- (ii) Beri komen tentang prestasi dua pengukur pepadanan templat jika pencahayaan berubah.

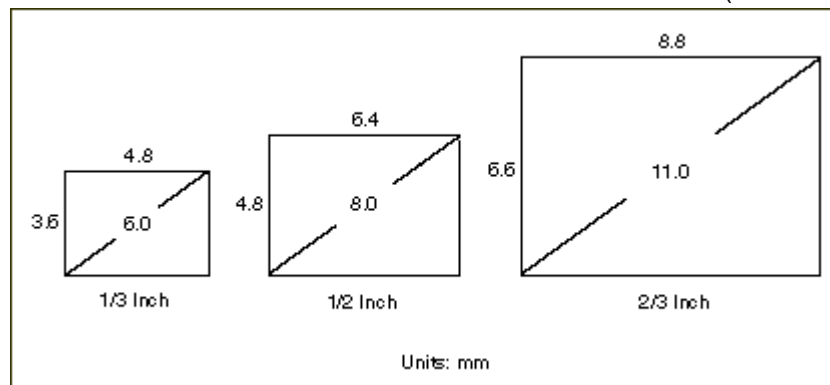
Comment on the performance of the two template matching measure when the illumination changes.

(20 markah/marks)

2. (a) Diberi kawasan penglihatan ialah 2cm (tinggi) * 3cm(lebar). Tentukan jarak fokus kanta yang diperlukan jika jarak objek adalah 5cm dan penerima CCD ialah $\frac{1}{2}$ inci. Diberikan format CCD di Rajah 2.

*Given the field of view of the scene is 2cm (Height) * 3cm(Width). Determine the focal length of the lens if the camera has $\frac{1}{2}$ inch CCD sensor and the object is 5cm away from the camera. Figure 2 shows the format of the image sensor.*

(30 markah/marks)



Rajah 2 Format CCD
Figure 2 CCD Format

- (b) Apakah tiub pemanjangan dan apakah kegunaan tiub pemanjangan dalam aplikasi mesin penglihatan? Apakah kesan pada imej yang diambil jika ditambahkan satu tiub pemanjangan di antara kanta dan penerima kamera. Terangkan dengan bantuan formula dan lakaran.

What is an extension tube and what is the application of extension tube in machine vision application? What is the effect on the image taken by adding extension tube between the lens and camera. Explain with formulas and sketches.

(30 markah/marks)

...4/-

- (c) Anda diperlukan untuk merekabentuk satu sistem mesin penglihatan yang boleh mengecam bentuk tiga segi dan bulat. Rekabentuk sistem tersebut dan terangkan setiap komponen yang diperlukan dalam sistem penglihatan mesin tersebut. Nyatakan segala anggapan yang dibuat.

You are requested to design a machine vision system that can recognize triangle and circle. Design the system and explain each component required in the machine vision system. State all your assumptions.

(40 markah/marks)

3. (a) Terang dengan memberi contoh pengesanan tepi yang berasaskan kepada pembeza pertama dan pembeza kedua. Bandingkan prestasi kedua-dua jenis pengesanan tepi tersebut.

Explain and give example of the edge detector based on the first derivative-based and second derivative-based. Compare their performance.

(40 markah/marks)

- (b) Berdasarkan topeng dan imej yang diberikan dalam Rajah 3, tunjukkan bagaimana untuk mengira magnitud piksel tepi dan orientasi tepi.

Based on the mask and the image as given in Figure 3, shows the steps of obtaining magnitude of edge pixel and edge orientation.

0	0	0	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	0	0	0
0	0	0	0	0

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c)

Rajah 3 (a)Imej; (b) dan (c)topeng

Figure 3 (a)Image; (b) and (c)mask

(60 markah/marks)

...5/-

4. (a) Berikan definisi bagi terma-terma; ruang kerja, jasad tegar, darjah kebebasan (DOF) dan perwakilan Denavit-Hartenberg(D-H) merujuk kepada satu penggerak robot industri.

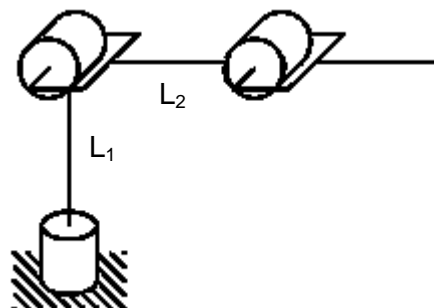
Give the definition of the terms; workspace, rigid body, degree-of-freedom(DOF) and Denavit-Hartenberg(D-H) representation in relation to an industrial robotics manipulator.

(20 markah/marks)

- (b) Pertimbang lengan boleh-ubah tiga penyambung di dalam Rajah 4. Terbitkan persamaan kinematik ke hadapan dengan menggunakan kaedah D-H.

Consider the three-link articulated robot of Figure 4. Derive the forward kinematic equations using the DH-convention.

(25 markah/marks)

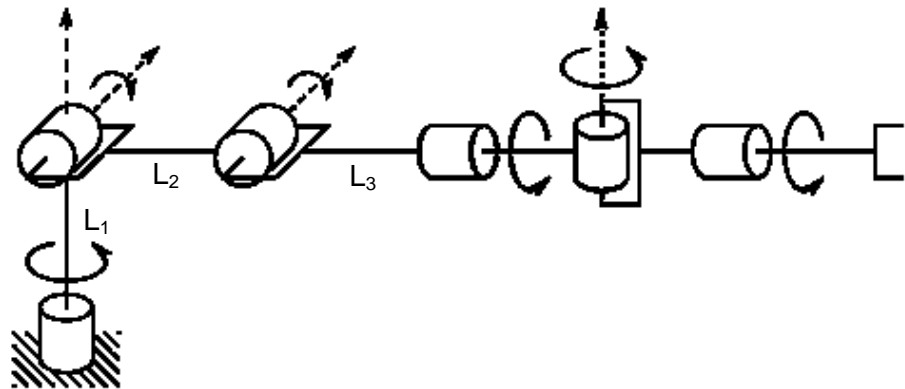


Rajah 4 Robot boleh-ubah tiga penyambung
Figure 4 Three-link articulated robot

- (c) Sambungkan satu pergelangan tangan berpusing kepada penggerak boleh-ubah tiga penyambung di dalam Rajah 4 seperti ditunjukkan di dalam Rajah 5. Terbitkan persamaan kinematik ke hadapan bagi penggerak ini.

Attach a spherical wrist to the three-link articulated manipulator of Figure 4 as shown in Figure 5. Derive the forward kinematic equations for this manipulator.

(30 markah/marks)

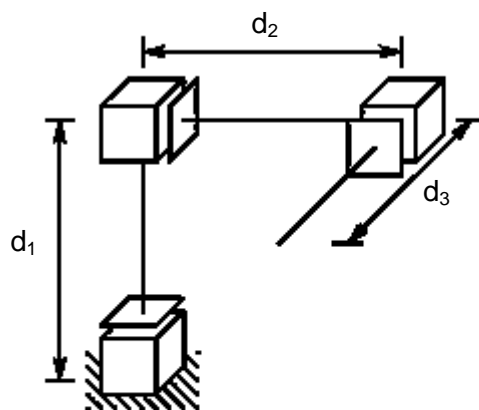


Rajah 5 Penggerak siku dengan pergelangan berpusing
Figure 5 Elbow manipulator with spherical wrist

- (d) Selesaikan kinematik kedudukan songsang bagi penggerak kartesian di dalam Rajah 6.

Solve the inverse position kinematics for the cartesian manipulator of Figure 6.

(25 markah/marks)



Rajah 6 Konfigurasi Kartesian
Figure 6 Cartesian configuration

- (21) (a) Berikan penjelasan mengapa analisa dinamik penting bagi memahami bagaimana untuk mengawal pergerakan sebuah lengan robot?

Give the reasoning on why dynamic analysis is important in understanding the approach to control the motion of a robotic arm?

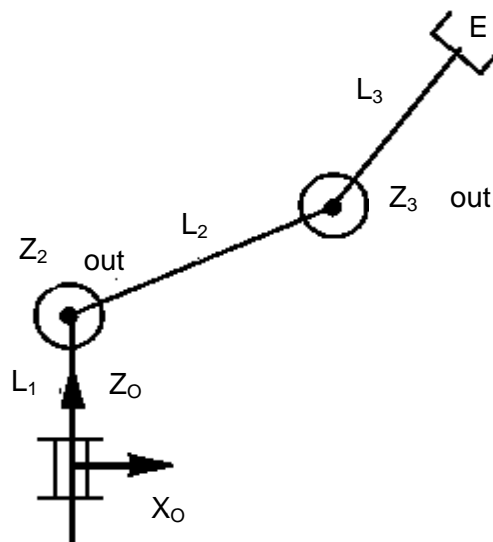
(5 markah/marks)

- (b) Rajah 7 menunjukkan satu penggerak 3DOF jenis RRR. Nilai kedudukan bagi pengesan-akhir, E, diberi oleh:

Figure 7 shows a 3DOF typed RRR manipulator. The position of the end-effector, E, is given as:

$${}^oP_E = \begin{bmatrix} L_3 c_1 c_{23} + L_2 c_1 c_2 \\ L_3 s_1 c_{23} + L_2 s_1 c_2 \\ L_1 + L_2 s_2 + L_3 s_{23} \end{bmatrix}$$

Where $c_{23} = \cos(\theta_2 + \theta_3)$



Rajah 7 Penggerak 3DOF jenis RRR
Figure 7 3DOF RRR Manipulator

- (i) Terbitkan nilai Jacobian yang mengaitkan kelajuan sendi kepada kelajuan linear bagi pengesan-akhir.

Derive the Jacobian relating joint velocities to linear velocities of the end-effector.

(10 markah/marks)

- (ii) Tentukan konfigurasi tunggal bagi penggerak ini. Bagi setiap keadaan ketunggalan, lakarkan konfigurasi robot dan nyatakan dengan jelas bagaimana pergerakan menjadi terhad di dalam konfigurasi ini.

Find the singular configurations of this manipulator. For each singularity, draw the robot configuration and clearly state how movement is restricted in this configuration.

(30 markah/marks)

- (iii) Bagi setiap kes ketunggalan di dalam bahagian (ii), cadangkan satu sendi tambahan pada penggerak berkenaan yang akan membuang kes ketunggalan daripada setiap konfigurasi yang bersesuaian. Bagi setiap kes, lakar garisan rajah bagi penggerak yang baru dan terangkan kenapa/bagaimana ketunggalan tidak akan berlaku lagi (samaada secara lakaran atau pembuktian matematik).

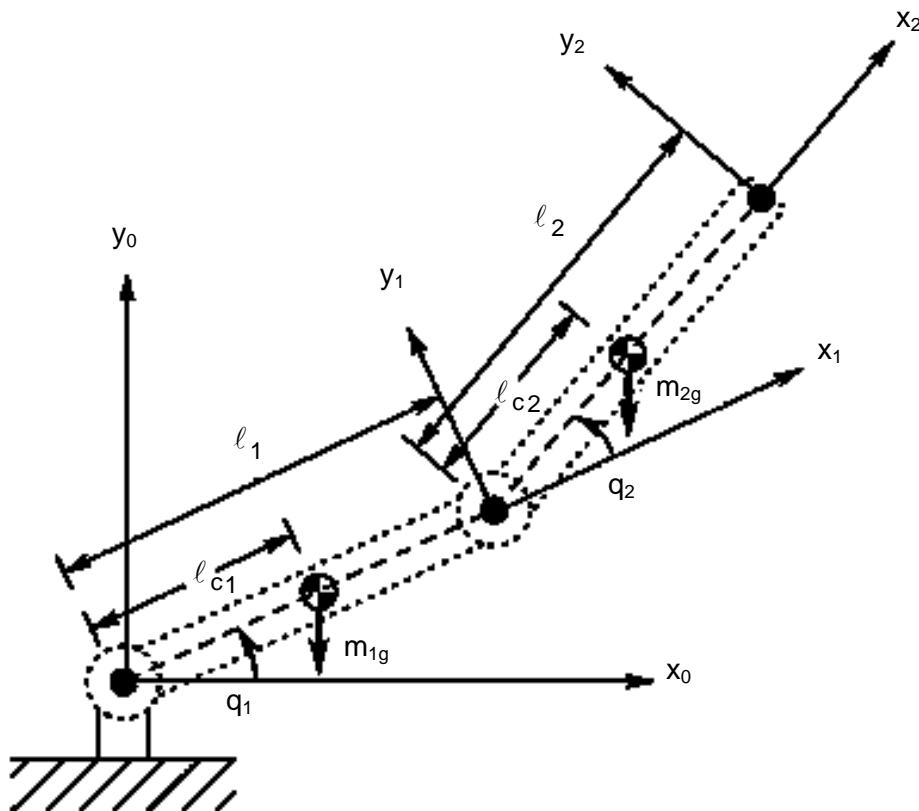
For each singularity case that in part(ii), suggest an an extra joint in the manipulator that will remove that singular case from possible configurations. For each case, draw the diagram of your new manipulator, and explain why/how the singularity can no longer occur (either via drawing or mathematical proofs).

(30 markah/marks)

- (c) Dengan merujuk kepada Rajah 8, terbitkan persamaan dinamik yang bersesuaian bagi lengan dua penyambung berkenaan. Sila gunakan kaedah Lagrange-Euler (L-E) untuk mendapatkan persamaan dinamik ini.

By referring to Figure 8, derive the suitable dynamic equation for the given two-link arm. Please use the Lagrange-Euler (L-E) method to acquire the dynamic equation.

(25 markah/marks)



Rajah 8 Lengan Dua-Penyambung Sendi Berpusing
Figure 8 Two-link revolute joint arm

- (22 (a) Berikan definisi bagi terma “Perancangan Trajektori” merujuk kepada sebuah lengan robot industri.

Give the definition of the term “Trajectory Planning” with reference to an industrial robotic arm.

(10 markah/marks)

- (b) Sekiranya satu trajektori ruang satu sendi $\dot{q}_i^d(t)$ untuk sendi i -th (diandaikan jenis pusingan) bermula pada keadaan pegun pada kedudukan q_0 pada masa t_0 , dan mencapai kedudukan q_1 di dalam 2 saat, dengan kelajuan akhir bersamaan 1 radian/sec. Tentukan polynomial kubik yang memenuhi kekangan berkaitan. Lakarkan trajektori dengan fungsi masa.

Suppose a joint space trajectory $\dot{q}_i^d(t)$ for the i -th joint (assumed to be revolute) begins at rest at position q_0 at time t_0 and reaches position q_1 in 2 seconds with a final velocity of 1 radian/sec. Compute a cubic polynomial satisfying these constraints. Sketch the trajectory as a function of time.

(20 markah/marks)

- (c) Berikan dua contoh teknik pengawalan sendi bagi sebuah sistem penggerak robot industri. Sila sertakan persamaan-persamaan yang bersesuaian.

Give the examples of two types of joint control technique for an industrial robot manipulator system. Please provide the relevant equations.

(20 markah/marks)

- (d) Diberi sebuah robot jenis siku tiga penyambung, sebuah robot SCARA tiga penyambung, dan sebuah robot Cartesian tiga penyambung, bincangkan perbezaan di dalam dinamik setiap robot daripada sudut masalah pengawalan atau kawalan. Bincangkan tabiat padanan tidak linear, kesan graviti dan variasi inertia apabila robot bergerak. Untuk penggerak yang manakah yang anda menjangkakan kawalan PD adalah yang terbaik? terburuk prestasinya?

Given a three-link elbow type robot, a three-link SCARA robot and a three-link cartesian robot, discuss the differences in the dynamics of each type of robot as they impact the control problem. Discuss the nature of the coupling nonlinearities, the effect of gravity, and inertial variations as the robots move about. For which manipulator would you expect PD control to work best? worst performance?

(25 markah/marks)

- (e) Pada konfigurasi
At the configuration

$$\Theta = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{\pi}{2} \\ \frac{\pi}{2} \end{bmatrix}$$

Adalah perlu untuk membaling sebiji bola dengan kelajuan
It is necessary to throw a ball with velocity

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \text{ m/s} \\ 3 \text{ m/s} \end{bmatrix}$$

Tentukan nilai halaju-halaju sendi untuk mencapai sasaran ini. Jawapan hanya diperlukan di dalam format sine dan cosine, bukan jawapan numerical. Sekiranya terdapat lebih daripada satu jawapan, sila pilih nilai terbaik dan nyatakan rasional anda.

Compute the joint velocities that accomplish this. The answers should only be in sine and cosine format, dan not numerical answers. If there are multiple answers, please select the best and provide the your rational.

(25 markah/marks)